BULLETIN

DU

DÉPARTEMENT DE L'AGRICULTURE

AUX

INDES NÉERLANDAISES.

N°. XXXII.

(Géologie Agronomique VII).

BUITENZORG,
IMPRIMERIE DU DEPARTEMENT
1909.

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/bulletin-of-the-botanic-gardens-buitenzorg_1909_32

MITTEILUNGEN AUS DEM GEOL. AGRON. LABORATORIUM
DES DEPT. FÜR LANDW. ZU BUITENZORG, JAVA.—VII.

EIN VERWITTERUNGSVERSUCH IN DEN TROPEN,

VON

Dr. E. C. Jul. Mohr.

Es möge als eine genügend bekannte Tatsache voraufgesetzt werden, dass die Verwitterung in den feuchtwarmen Tropen, unabhängig von der verwitternden Gesteinsart, zur Lateritbildung führt, d.h. zur Umänderung der Gesteine in erdige Gebilde, welche einmal reicher an Aluminiumoxyd, andermal reicher an Eisenoxyd sind, aber immer viel Kieselsäure verloren haben. Im letzten Stadium kommt es dan zur Concretion der Eisenoxyde und -oxydhydrate, zur Bildung von Laterit im engeren Sinne des Wortes.

Mag also über das Ende hie und da einiges festgestellt sein —, über den Verlauf der Verwitterung herrscht noch grosse Unklarheit. Um diese Lücke ein wenig aus zu füllen, wurde vorliegende Untersuchung unternommen. Es versteht sich von selbst, dass es im Experiment unmöglich ist, einer vollständigen Verwitterung auf den Fuss zu folgen; aus dem viele Jahrtausende währenden Processe lassen sich nur einige ganz kurze Zeiten, einige Jahre, herausgreifen; damit muss man sich zufrieden geben. Die Massen und Massenverhältnisse der Natur lassen sich ebenfalls schwerlich nachahmen; auch in dieser Hinsicht erhält man also durch das Experiment nur einen sehr dürftigen Einblick in das Wirken der Natur. Dennoch habe ich gemeint, Versuche über Verwitterungsvorgänge nicht unterlassen zu dürfen; einer dieser Versuche gab Resultate, welche ich mir erlaube, in nachfolgenden Zeilen einer näheren Besprechung zu unterziehen.

Zweck des Versuchs war die Beantwortung der Frage: *„Wie wirkt unter tropischen Verhältnissen Regenwasser auf frisches Gestein ein?"*

Was die tropischen Verhältnisse angeht, so lassen diese hier in Buitenzorg kaum zu wünschen übrig. Die Temperatur sinkt nur selten eben unter 20°C., und ist im Durchschnitt, (für die 24 Stunden), etwa 25°; maximal steigt die Lufttemperatur selten über 31—32°. Die jährliche Regenmenge beträgt etwa 4—5 M., die Anzahl Regentage 200—250; diese Zahlen genügen, um das Klima als „feucht-warm" zu bezeichnen.

Was weiter die Gesteinsart betrifft, so habe ich mich für den Anfang auf eine beschränkt; hoffe aber später mehrere in Angriff nehmen zu können. Es wurde als Versuchsgestein ausgewählt: ein alttertiärer Basalt, aus verschiedenen Gründen. Erstens ist es ein basisches Gestein, wie es in ähnlicher Form und Zusammensetzung in der gegenwärtigen geologischen Epoche allenthalben gerade im Tropengürtel vorkommt, besonders im Nied.-Ind.-Archipel, in Vorderindiën, Kamerun, Mexico, Hawaii. Zweitens verwittert diese Gesteinart verhältnismässig leicht, und können fast alle darin vorkommenden Mineralien auf eigne Weise vollständig verwittern. Drittens is est hier zu Buitenzorg in genügenden Mengen und genügender Frische leicht zu haben.

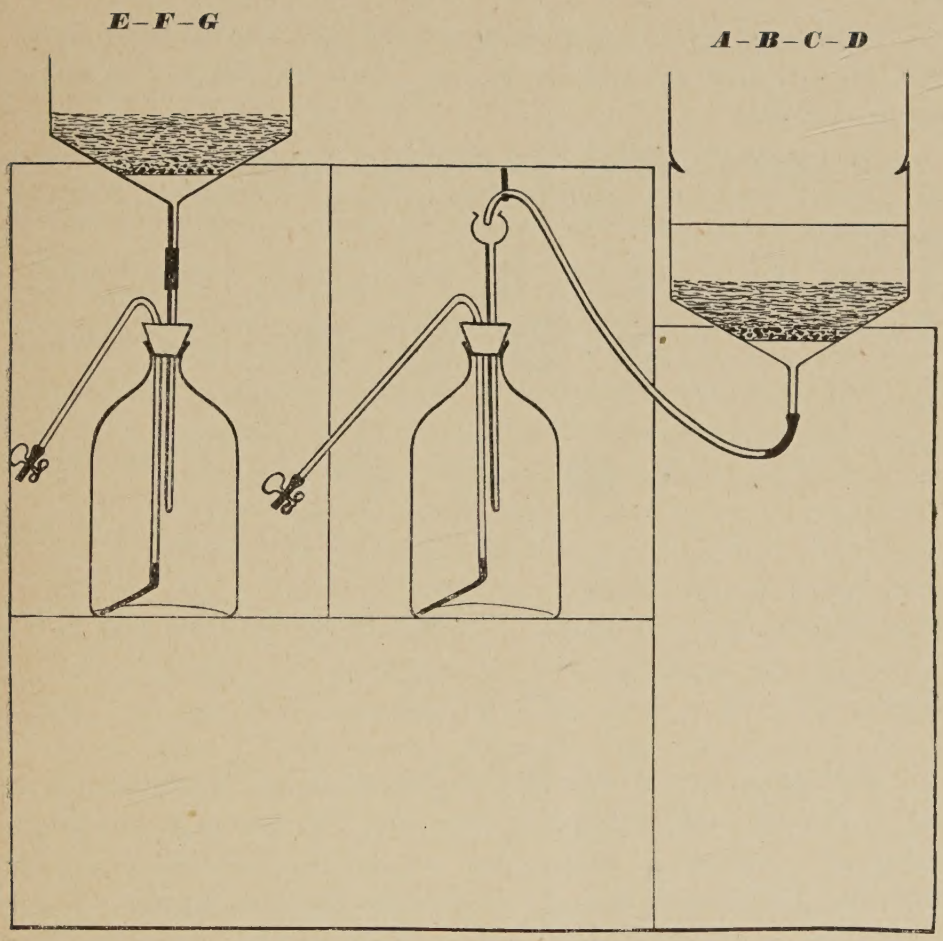
Einige Blöcke (etwa 200 K. G.) wurden kleingeschlagen und vor allem wurde alles was nur einen Anflug von Verwitterung zeigte, zuvor abgeschlagen und ausgelesen. Dann wurde das gleichartige Material zerkleinert und durch Siebe in Fractionen gleicher Korngrösse getrennt. Der an die gröberen Teile anhaftende Gesteinsstaub wurde nicht durch Waschen mit Wasser, sondern durch über und über schütten im Wind so gut wie nur möglich entfernt.

Für den vorliegenden Versuch wurden die drei Fractionen:

$^1/_3$ — $^1/_2$ m. m.
1 — $1^1/_2$ m. m.
und 3 — 4 m. m. Siebdurchmesser benutzt;

die Durchmesser der Teilchen verhalten sich also nahezu wie 1: 3: 9, die Oberflächen wie 1: 9: 81, die Gewichte wie 1: 27: 729. Bei gleichem Gewicht der drei Fractionen (es wurden je 10 K° abgewogen) verhalten sich dann noch die Anzahl der Gesteinsfragmente wie 729: 27: 1, und die Gesammtoberflächen wie 9: 3: 1.—

Die Aufstellung ist durch unterstehende Skizze angeben, welche eine schematische Seitenansicht ist.



Verwitterung von Basaltgrus über und unter dem Wasserspiegel.

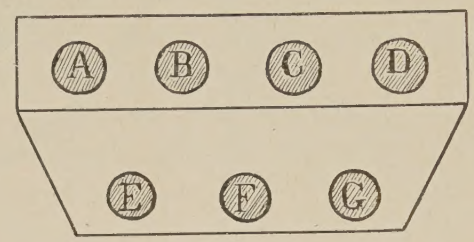
Auf einem Holzkasten sitzen vorne (in der Figur links) 3 Zinkbehälter auf, hinten (in der Figur rechts) 4. Die ersten 3 sollen der Verwitterung über dem Grundwasser entsprechen, die 4 letzteren der Verwitterung unter dem Grundwasserspiegel; daraufhin ist der Apparat konstruirt.

Bei den ersteren Behältern fliesst das auffallende Regenwasser sofort durch, und sammelt sich in den unterstehenden-, nur lose verstopften Flaschen, aus welchen es abgehebert werden kann.

Bei den letzteren erhöht das Regenwasser zunächst das Niveau; die vertikale Entfernung zwischen der Mündung und der Krümmung des über dem Trichterrohre auskommenden Heberrohrs ist jedoch nur wenige c.M., sodass auf jede Regenmenge von etwa 25 m. M. ein Abfluss in die Flasche erfolgt. Dieser Abfluss

ist dann aber Wasser aus dem unteren Teil des Zinkcylinders, also Gesteinslösung, welche längere Zeit mit dem Gestein in Berührung war.

Das weitere erklärt sich genügend aus der Figur. Allein sei unterstehend noch eben die Bezeichnung der einzelnen Behälter angegeben.



unter Wasser

über Wasser.

A = Blanco = nur Wasser	
B = Gestein $^1/_3 - ^1/_2$ m. m.	E = selbes Material wie B.
C = „ $1 - 1^1/_2$ „	F = „ „ „ C.
D = „ $3 - 4$ „	G = „ „ „ D.

Arbeitsweise.— Jeden Morgen wird der Regenfall notirt, und eventuell abgelaufenes Wasser aus den Standflaschen abgehebert und gemessen. Dann wird mittelst Berckefeldtkerzen unter leichtem Ueberdruck ($^1/_2 - 1$ Atm.) ein Teil flott filtrirt, $^1/_4$ der abgeheberten Lösung abgemessen, und — wenn viel, anfangs in Porzellanschalen, sonst sofort — in Platinschalen auf dem Wasserbade zur Trockne gedampft. Nach dem Abkühlen im Exsiccator wird gewogen, dann leicht, aber lang geglüht zur Vertreibung von Kristallwasser und organischer Substanz, und wieder gewogen.

Hiernach wird mit einem Minimum Salzsäure der Inhalt der Schale von den Wänden losgelöst und in einen Jena-kolben gespült. Etwa vorhandene Kohlensäure geht dabei natürlich verloren; ihr Vorkommen wird dagegen immer vermerkt.

RESULTATE.

Summarische Zahlen.— Die Tabelle I enthält die abgelaufenen Wassermengen, nebst den dazugehörigen Regenzahlen. Daraus kann man ersehen, dass von $A - D$ anfangs (unbedeckt) etwa $^3/_5$ ablief, und $^2/_5$ verdunstete; später (mit gleichartigem Trichter zugedeckt) verdunsteten blos etwa 10%.

TABELLE I.

Verwitterungsversuch — Juli 1906 — Gesammter Ablauf (Ltr.)

Jahr.	Monat.	Nrn.	A	B	C	D	E	F	G	Regen.
1906	Juli - Aug.	1—16	—	—	—	—	34.5	44.9	47.0	51.2
„	Aug-Sept.	71—31	18.4	18.4	19.0	18.4	19.6	24.7	26.5	29.7
„	Oct.	32—50	37.8	36.9	35.8	34.3	40.1	50.5	53.8	60.7
„	Nov.	51—85	44.9	52.8	51.3	50.0	51.0	60.4	65.2	73.0
„	Dec.	86—104	20.1	20.1	19.4	18.8	20.4	25.2	26.1	29.1
1907	Jan.	105—127	38.8	39.2	35.6	37.4	37.5	41.1	42.6	47.3
„	Febr.	128—146	38.5	39.3	38.3	37.2	38.5	42.7	43.9	46.3
„	März.	147—162	22.7	23.2	23.5	23.8	26.4	30.7	30.7	37.1
„	Apr.	163—181	40.7	41.5	41.9	39.2	43.2	47.7	49.7	53.2
„	Mai.	182—197	17.7	24.2	25.0	20.0	26.8	30.1	31.4	33.6
„	Juni.	198—208	2.3	9.1	8.3	7.0	16.2	19.9	21.7	23.8
„	Juli.	209—221	12.0	13.8	12.2	13.2	23.2	26.0	29.9	32.6
„	Aug.	222—228	7.2	8.6	6.0	6.2	13.0	15.8	19.6	21.6
„	Sept.	229—240	22.6	21.3	16.0	22.4	37.5	40.6	43.1	45.0
„	Oct.	241—253	29.0	30.4	28.7	28.3	43.3	49.1	51.4	55.6
„	Nov.	254—272	36.5	39.2	38.3	30.8	46.5	50.3	53.5	58.6
„	Dec.	273—283	11.0	11.2	11.1	11.0	17.4	22.1	23.2	28.1
1908	Jan.	284—302	29.5	28.9	31.2	29.3	41.3	46.7	49.1	53.8
„	Febr.	303—316	24.5	25.2	(7.1)	17.3	28.8	31.9	33.5	37.2
„	März.	317—325	5.4	5.7	(5.4)	(2.5)	8.6	8.0	4.6	18.9
„	Apr.	326—342	46.8	48.3	—	45.1	46.6	—	54.4	57.6
„	Mai.	343—351	20.1	21.5	—	20.9	15.4	—	21.4	24.1
„	Juni.	352—364	35.9	36.4	—	37.4	32.1	—	36.9	39.2
„	Juli.	365—374	22.8	24.6	—	23.9	17.5	—	23.3	26.1
„	Aug.	375—386	23.8	23.9	—	23.6	18.6	—	24.9	27.2
„	Sept.	387—395	10.0	10.1	—	9.8	6.1	—	10.5	13.5
„	Oct.	396—419	60.7	60.7	—	61.0	51.2	—	60.8	62.5
„	Nov.	420—435	35.4	35.3	—	35.3	32.0	—	34.7	37.1
„	Dec.	436—452	19.2	19.5	—	19.4	15.7	—	21.7	24.2

Aus den Trichtern $A-D$, verdunsteten demnach etwa 2 M. Wasser pro Jahr, solange sie offen standen. Diese Menge ist weit grösser als man mit den üblichen Verdunstungsmessern findet; es ist hier jedoch nicht der Ort, auf die Verdunstung näher einzugehen; an anderer Stelle habe ich darüber weitere Mitteilungen gemacht. 1)

Wenn wir nun fragen was man in dem abgelaufenen Wasser erwarten darf, so ist die Antwort nicht so ganz einfach.

Erstens bringt der Regen, wie bekannt, ausser dem Wasser, noch so mancherlei, Gelöstes und auch Ungelöstes, mit; und wenn kein Regen fällt, so fällt doch immer mehr oder weniger Staub; zuguterletzt kommen dann noch die gröberen Verunreinigungen, durch Insekten, und leider auch von Vögeln herkünftig, dazu.

Zweitens gaben die Zinkbehälter natürlich etwas Zink ab. Anfangs sind sie allerdings mit einem so ziemlich aschefreien Lack gestrichen worden, aber wetterbeständig hat dieser sich nicht gezeigt.

Auf diese Weise ist es sehr begreiflich, dass der Behälter ohne Steinschlag (A) solche, eigentlich unerwünscht grosse Mengen Trockensubstanz und Glührückstand in seinem Ablauf enthielt.

In den andern Behältern lief das Wasser durch die Gesteinsfragmente, und suchte dabei ein Lösungsgleichgewicht zu erreichen. Dass es sich dabei nicht um ein einfaches Gleichgewicht Wasser $\rightleftarrows$ Gestein handelt, sondern dass die übrigen in die Behälter hineinkommenden Substanzen ohne Zweifel eine wichtige Rolle mitspielen, hoffe ich näher zu zeigen. Insofern ist dies also kein „feiner" Versuch, der anstrebt, alle Nebenfaktoren, die nicht volkommen genau bekannt sind, von vornherein auszuschliessen. Mein Zweck war jedoch, mich nicht allzuweit von natürlichen Verhältnissen zu entfernen, und die Flüssigkeiten, deren sich die Natur zu Verwitterungszwecken bedient, sind auch nicht gerade destillirtes Wasser.

Die grossen Flaschen, in welchen der Ablauf gesammelt wurde, waren nicht von weissem, sondern von grünem Glase, weil dieses erfahrungsgemäss weit weniger verwittert. Sie hatten zum Transport starker Säuren von Europa hierher gedient, und waren, bevor sie aufgestellt wurden, gründlich mit heissem und kaltem Wasser gewaschen. Die $2^1/_2$ Jahr benutzten Flaschen sind heute

1). Siehe: Bull. Dépt. Agr. Ind. Néerl. No. XXIX.—(1909).

TABELLE II.

Verwitterungsversuch — Juli 1906. —

mg. Gesammt-Glührückstand im Ablauf.

Jahr.	Monat.	Nrn.	A	B	C	D	E	F	G
1906	Juli-Aug.	1— 16	485.6	2235.2	2267.6	1461.2	1740.4	1691.2	1151.2
„	Aug. Sept.	17— 31	337.2	1313.6	1092.8	697.6	922.8	761.6	605.2
„	Oct.	32— 50	570.0	1447.2	1052.0	933.6	898.4	734.4	627.6
„	Nov.	51— 85	733.4	2783.6	1965.4	1638.6	2183.8	1722.6	1288.6
„	Dec.	86—104	302.6	901.2	730.6	510.0	780.4	841.8	633.0
1907	Jan.	105—127	536.0	1626.8	1232.8	1072.0	1217.2	1000.8	778.0
„	Febr.	128—146	525.6	1462.8	1199.0	879.8	1080.0	1012.8	800.0
„	März.	147—162	385.2	999.6	883.6	586.4	728.0	708.4	601.6
„	April.	163—181	494.8	1377.2	1322.4	805.8	1028.6	978.4	781.2
„	Mai.	182—197	244.8	864.4	809.2	556.4	664.4	624.4	502.0
„	Juni.	198—208	(38.0)	424.0	339.2	154.4	483.6	464.0	413.2
„	Juli.	209—221	193.6	641.6	560.4	340.8	673.2	593.2	609.2
„	Aug.	222—228	124.8	414.0	238.0	158.0	338.0	318.0	316.0
„	Sept.	229—240	316.8	872.0	534.8	474.0	801.2	706.4	640.8
„	Oct.	241—253	324.0	954.0	448.0	918.0	878.0	890.0	730.0
„	Nov.	254—272	418.8	1286.0	1036.0	668.8	1023.6	913.2	854.8
„	Dec.	273—283	150.0	372.0	324.0	240.0	420.0	466.0	378.0
1908	Jan.	284—302	400.4	998.8	916.4	684.4	1057.2	898.8	788.8
„	Febr.	303—316	287.0	672.0	(187.2)	422.8	728.0	538.4	505.2
„	März.	317—325	68.0	224.0	(132.0)	(40.0)	216.0	198.0	238.0
„	Apr.	326—342	762.4	1945.6	—	1430.0	956.4	—	882.0
„	Mai.	343—351	340.0	890.0	—	669.6	342.0	—	339.2
„	Juni.	352—364	544.0	1124.0	—	1029.2	672.4	—	604.0
„	Juli.	365—374	384.0	904.0	—	734.4	470.0	—	399.6
„	Aug.	375—386	366.0	913.6	—	794.0	472.0	—	473.2
„	Sept.	387—395	168.8	419.2	—	320.0	179.2	—	204.0
„	Oct.	396—419	863.6	1928.4	—	1572.8	1274.4	—	1120.4
„	Nov.	420—435	516.4	1011.2	—	827.6	732.8	—	563.6
„	Dec.	436—452	275.2	688.4	—	490.0	402.0	—	391.6

noch vollkommen klar, wenn also von dem Ablauf dem Glase Bestandteile entzogen sind, so können dies doch nicht solche Mengen gewesen sein, dass es dem Glase anzusehen gewesen wäre. Ich nehme also an, dass der durch die Flaschen bedingte Fehler vernachlässigt werden darf, zumal wo die Flüssigkeiten jedesmal nur höchstens eine Nacht über darin gestanden haben.

Die Behandlung des Wassers im Laboratorium giebt keinen Anlass zu weiteren Bemerkungen: sie ist mit nicht mehr oder weniger Fehlern behaftet, als eine gewöhnliche Wasseranalyse. Wenn irgend möglich, wurde in Platin gearbeitet; blos grosse Wassermengen, (1 Ltr. und mehr), wurden in bestem Porzellan erst konzentrirt.

Wie gesagt, wurde der Trockenrückstand der eingedampften Wasserproben, sofort nach dem Wägen geglüht. In der Tabelle II findet man die Summen der Glührückstände in m. gr.—

Es interessirt uns natürlich in erster Linie, zu wissen, welche anorganischen Substanzen im Ablauf vorkommen, weil allein diese van dem Gestein herstammen können. Leider sind die Zahlen sub *A* über Erwartung hoch im Vergleich zu den übrigen. Wären sie klein gewezen, so wäre ich wohl nicht von der üblichen Methode abgewichen, hätte die kleinen Zahlen sub *A* von den Zahlen sub *B—G* abgezogen, und den Unterschied als die aus dem Gestein extrahirte Substanz angesprochen. Jetzt bin ich jedoch vor dieser Behandlung der Resultate zurückgeschreckt, und ich glaube mit Recht. Jene Arbeitsweise setzt nämlich voraus, dass wenn die Lösungen *A* durch die übrigen Behälter geführt würden, sich zu den schon gelösten Stoffen einfach noch einiges, was dem Gestein entzogen würde, zugeselle, und so die Endlösung entstehe. Das ist aber sehr unwahrscheinlich; die Tatsache, dass manche Bestandteile in der Lösung *A* in stärkerer Konzentration vorkommen, als in den Lösungen *B—G*, genügt um dies darzutun; sie beweist, dass das Gestein nicht allein Bestandteile an das Wasser abgibt, sondern auch solche daraus zu absorbiren im Stande ist.

Wir müssen uns also wohl ohne weiteres mit den gebotenen Zahlen zufrieden geben, und dieselben betrachten als eine Annäherung an ein Gleichgewicht: wenn die Lösung *A* durch eine Schicht Gesteinspulver oder besser Steinschlag von etwa 10 c.M. Höhe durchsickert, so entstehen die Lösungen *B—G*.

Die nächste Frage ist dann: wie weit sind die erhaltenen Lösungen noch vom Gleichgewicht entfernt? — Der Vergleich der Lösungen unter einander, d. h. der in ihnen enthaltenen festen Substanzen, giebt uns in dieser Hinsicht einigen Anhalt.

Ich glaube voraussetzen zu dürfen, dass das Gleichgewicht zwischen Lösung und Gestein desto eher erreicht wird, je grösser die gebotene Gesteinsoberfläche ist. Nun ist die Oberfläche der Gesteinsmasse *F* dreimal so gross wie diejenige von *G*, und *E* hat abermals eine dreimal grössere Oberfläche, als *F*. Wären wir nun weit vom Gleichgewichte entfernt, so würden die Mengen gelöster Substanz grosse Unterschiede zeigen, wenn auch nicht die genauen Verhältniszahlen 9 : 3 : 1. Würde jedoch in allen Fällen das Gleichgewicht erreicht, so müssten die Lösungen von *E*, *F* und *G* genau dieselben sein, also die Verhältniszahlen 1 : 1 : 1 aufweisen. Es wurden aber tatsächlich die folgenden Zahlen erhalten:

Verhältnis der totalen Mengen geglühter Trockensubstanz:

für die N^{rn}.	B	C	D	E	F	G
1 — 325	1,65 :	1,3 :	1	1,35 :	1,3 :	1
326 — 452	1,25 :	— :	1	1,1 :	— :	1
1 — 452	1,5 :	— :	1	1,3 :	— :	1

Es ist klar, dass diese Zahlen dem Verhältnis 1 : 1 : 1 bedeutend näher liegen, als dem Verhältnis 9 : 3 : 1.

Man darf jedoch bei diesem Vergleich nicht aus dem Auge verlieren, dass die abgelaufenen Flüssigkeitsmengen verschieden sind. Es wurde darum aus den beiden Tabellen I und II die Tabelle III berechnet, und damit eine Übersicht gegeben, den Gehalt der Lösungen an glühfester Substanz in mg. pro Ltr, — $^{m}/L$ —, betreffend:

TABELLE III.

Verwitterungsversuch — Juli 1906. —
mg. Glührückstand p. L. Ablauf.
(Aus den Tabellen I und II berechnet.)

Jahr.	Monat.	N^{rn}.	A	B	C	D	E	F	G
1906	Juli - Aug.	1—16	—	—	—	—	50.4	36.5	24.5
„	Aug. Sept.	17—31	18.6	71.4	57.5	37.9	47.1	30.8	22.8
„	Oct.	32—50	15.2	39.3	29.4	27.2	22.4	14.5	11.7
„	Nov.	51—85	16.3	52.7	38.3	32.8	42.8	28.5	19.8
„	Dec.	86—104	15.1	49.4	37.7	27.2	40.3	33.4	24.3
1907	Jan.	105—127	13.8	41.6	34.6	28.7	32.5	24.4	18.3
„	Febr.	128—146	13.6	37.3	31.3	23.7	28.0	23.7	18.2
„	März.	147—162	16.9	43.0	37.6	24.6	27.6	23.1	19.6
„	Apr.	163—181	12.2	33.2	31.6	20.6	23.8	20.5	15.6
„	Mai.	182—197	13.8	35.7	32.3	27.9	24.8	20.8	16.0
„	Juni.	198—208	16.5	46.6	40.9	22.0	29.8	23.2	19.0
„	Juli.	209—221	16.1	46.5	46.2	25.8	29.0	22.8	20.5
„	Aug.	222—228	17.4	48.4	39.8	25.7	26.0	20.2	16.2
„	Sept.	229—240	14.0	41.0	33.4	21.2	21.4	17.3	14.9
„	Oct.	241—253	10.4	31.4	26.0	18.3	20.1	20.1	14.2
„	Nov.	254—272	11.5	30.4	27.3	21.4	22.1	18.1	15.9
„	Dec.	273—283	13.7	33.2	29.3	21.8	24.2	21.1	16.2
1908	Jan.	284—302	13.5	34.6	30.2	23.3	25.6	19.2	16.3
„	Febr.	303—316	11.8	26.6	26.5	24.4	25.2	16.9	15.1
„	März.	317—325	12.6	39.6	24.4	(16.0)	29.6	25.0	16.4
„	Apr.	326—342	16.3	40.3	—	31.6	20.5	—	16.3
„	Mai.	343—351	17.0	41.5	—	32.0	22.2	—	16.0
„	Juni.	352—364	15.1	30.8	—	27.4	21.0	—	16.3
„	Juli.	365—374	17.0	38.3	—	30.7	26.8	—	17.1
„	Aug.	375—386	15.5	38.2	—	33.7	25.4	—	19.0
„	Sept.	387—395	16.9	41.9	—	32.7	29.3	—	19.5
„	Oct.	396—419	14.2	31.8	—	25.7	25.0	—	18.1
„	Nov.	420—435	14.6	28.7	—	23.5	22.9	—	16.2
„	Dec.	436—452	14.3	35.2	—	25.3	25.5	—	18.0

Ebenso lässt sich den Tabellen I und II folgende Zusammenstellung entnehmen:

	für die Nrn.	B	C	D	E	F	G
Erhaltene Mengen glühfester Substanz, in mg.:	1–325	21870 mg	17271 mg	13246 mg	17842 mg	17062 mg	13242 mg
	326–452	9825 „	— „	7867 „	5501 „	— „	4978 „
	1–452	31695 „	— „	21113 „	23344 „	— „	18220 „
Abgelaufene Lösungen in L.:	1–325	529 L	491 L	495 L	614 L	708 L	757 L
	326–452	280 „	—	276 „	235 „	—	288 „
	1–452	809 „	—	771 „	849 „	—	1045 „
Glühfeste Substanz in m/L	1–325	41 m/L	35 m/L	27 m/L	29 m/L	23 m/L	17 m/L
	326–452	35 „	—	28 „	23 „	—	17 „
	1–452	39 „	—	27 „	27 „	—	17 „
Verhältnis der Mengen glühfester Substanz p. L.:	1–325	**1,55 : 1,31 : 1**			**1,66 : 1,29 : 1**		
	326–452	**1,25 : — : 1**			**1,35 : — : 1**		
	1–452	**1,43 : — : 1**			**1,58 : — : 1**		

Die Verhältniszahlen haben sich gegen die erstgenannten nur um ein geringes verschoben; der Schluss, dass *der Ablauf vom Gesteinschlag demnach nicht weit mehr vom Gleichgewicht entfernt* sei, lässt sich also wohl aufrecht erhalten.

Eine nähere Betrachtung der Tabelle III deckt noch eine wichtige Tatsache auf. Die Konzentration der Blanco—Flüssigkeit *A* bleibt von Anfang an so ziemlich zwischen denselben Grenzen; das höchste Monatsmittel ist etwa 18 m/L, das niedrigste etwa 10 m/L, das Mittel aller Zahlen etwa 14 m/L. Anders ist es bei den übrigen Flüssigkeiten. Dort findet man erst eine gewisse Konstanz seit Januar 1907; die Zahlen vordem sind jedoch ansehnlich höher. Die chemische Analyse des Ablaufs muss hier Aufklärung geben; einstweilen will ich jedoch an dieser Stelle eben darauf aufmerksam machen, dass die petrografische Analyse des benutzten Gesteins ergeben hatte, dass dieses nicht

vollkommen frei von aller Verwitterung sei, sondern hie und da kleine Ausscheidungen von Kalkspath und spurenweise von Zeolithen enthalte; es wäre dann an zu nehmen, — und mit Hinsicht auf das Vorkommen von Kohlensäure, zu beobachten bei der Lösung des Glührückstandes in Salzsäure, wäre das sehr gut gerechtfertigt, — dass die Karbonate gleich im ersten Halbjahr des Versuchs ausgewaschen wurden. — Jedenfalls lehrt die Tabelle III, dass eine Dauer von einem halben Jahr für Versuche wie dieser bei weitem nicht genügt, um in einigermassen konstante Zahlen vorzudringen.

Nähere Analysen.

Nach bestimmten Zeiten wurden die mit Salzsäure in Jenakolben aufbewahrten Mengen glühfester Trockensubstanz analysirt; dies geschah in dem angegebenen Zeitraum siebenmal:

Mengen glühfester Substanz, der Analyse unterworfen:

	Zeitraum	Lfd. Nrn.	A	B	C	D	E	F	G
I	Juli '06 — Aug. '06	1 — 16	121	555	564	363	435	409	273 mg.
II	Sept '06 — Dec. '06	17 — 105	507	1664	1292	988	1203	1021	794 „
III	Jan. '07 — Juli '07	106 — 221	574	1796	1533	1057	1463	1339	1116 „
IV	Aug. '07 — Dec '07	226 — 283	334	975	720	515	808	823	694 „
V	Jan '08 — Mrz. '08	284 — 325	188	474	309	287	557	409	419 „
VI	Apr. '08 — Juni '08	326 — 364	412	990	—	782	489	—	456 „
VII	Juli '08 — Dec. '08	365 — 452	644	1466	—	1185	883	—	788 „

Ueber den Gang der Analyse einige Bemerkingen im Voraus.

Da der Kolbeninhalt nicht vollständig gelöst war, wurde er sofort ohne vorherige Filtration in Platinschalen abgedampft; darauf wurde in der gewöhnlichen Weise die Kieselsäure bestimmt, durch Glühen des Filterrückstandes und nachherigem Abrauchen mittelst HF. Nach dieser Manipulation blieb im Allgemeinen viel Rückstand; mehr als erlaubt gewezen wäre nach einer normalen SiO_2-Bestimmung. Ich glaube, dies also erklären zu müssen, dass das gleich zu Anfang in HCl ungelöst gebliebene, nicht reine Kieselsäure war, sondern schon Silicate enthielt, welche, beim Glühen gebildet, nachher in HCl sich nicht lösen wollten. Glücklicherweise gelang es jedoch, durch Erwärmen mit starker

Salzsäure den Rückstand von der HF-Behandlung vollständig zu lösen, und der Hauptlösung so ohne weiteres zuzufügen.

Nach Abscheidung des Acetat-Niederschlages (in welchem das Eisen titrirt wurde, und TiO_2 und P_2O_5 stets vergeblich gesucht), war H_2S-Behandlung nötig zur Trennung der übrigen Gesteinsbestandteile von etwaigen geringen Mengen Pt (aus den Schalen), Spuren Cu (von den Wasserbädern), Spuren Pb, dagegen bedeutenden Mengen Zn, (herkünftig von den Zink-Behältern des Versuchsapparats). In alkalischer Lösung wurde dann Mn als Mn S gefällt; darauf Ca und Mg, wie immer.

K und Na wurden in üblicher Weise bestimmt, d.h. nach Fällung der übrigen Bestandteile durch Baryt und Ammoniumcarbonat. Dieser Reinigung ging eine Fällung und Bestimmung der Schwefelsäure (seit der IV^{en} Serie!) vorauf.

Chlor wurde in den ursprünglichen, etwas konzentrirten, Lösungen mehrfach gesucht, aber merkwürdigerweise höchstens in Spuren angetroffen.

Die Resultate der Analysen findet man in nachfolgenden Tabellen IV—X zusammengestellt:

IV. JULI—AUGUST 1906.

Bestandteile:	m.g. Substanz, gefunden in dem analysirten Viertel:							m.g. Substanz, pro L. Ablauf:							m.-Mol. Substanz, pro 100 L. Ablauf:						
	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G
SiO_2	13.1	170.2	162.5	108.9	138.4	123.5	73.6	1.6	17.1	17.6	11.0	16.0	11 0	6.3	2.6	28.3	29.2	18.2	26.5	18.2	10.4
Al_2O_3	1.0	0.9	1.0	0.4	?	2.6	1.4	0.1	0.1	0.1	Spur	?	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	Spur	?	0.2	0.1
Fe_2O_3	.3	1.6	1.4	1.5	2.3 ?	2.0	1.2	0.2	0.2	0.2	0.2	?	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	?	0.1	0.1
MnO	4.9	1.8	15.5	31.9	11.9	14.4	14.2	0.6	0.2	1.7	3.2	1.4	1.3	1.2	0.8	0.3	2.4	4.5	1.9	1.8	1.7
CaO	28.9	101.7	84.1	37.4	44.4	32 7	29 9	3.4	10.2	9.1	3.8	5.1	2.9	2.5	6.1	18.2	16.3	6.8	9.2	5.2	4.5
MgO	11.8	57 8	57.6	33.7	27 3	17.7	15.8	1.4	5.8	6.2	3.4	3.2	1.6	1.3	3.5	14.4	15.5	8.5	7.8	3.9	3.3
K_2O	8 3	15.3	15 0	12.0	14.0	17.4	14.3	1.0	1.5	1.6	1.2	1.6	1.5	1.2	1.0	1.6	1.7	1.3	1.7	1.6	1.3
Na_2O	15.5	48 9	52.3	29.8	74.9	96 4	34.6	1.8	4.9	5.7	3.0	8.7	8.6	2.9	3.0	7.9	9.2	4.9	14.0	13 8	4.7
Summa	84.8	398.2	389.4	255.6	311.1	306.7	185.0														
ZnO	9.5	7.5	10.9	7.0	6.8	4.7	4.7														
Pt,Cu,Pb,etc.	1.0	1.4	1.5	1.9	1.0	3.7	1.6														
Rest (SO_3,CO_2 etc.)	25.4	148.0	161.8	98.4	116.1	93.9	81.3														
Total	120.7	555.1	564.6	362.9	435.1	409.0	272.6														

V. SEPTEMBER—DECEMBER 1906.

Bestandteile	mg. Substanz, gefunden in dem analysirten Viertel:							mg. Substanz pro L. Ablauf:							m.-Mol. Substanz pro 100 L. Ablauf:						
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**
SiO_2	51.2	467.0	363.6	177.7	396.0	297.8	212.3	1.7	14.8	11.6	5.9	12.1	7.4	4.9	2.8	24.6	19.2	9.7	20.0	12.3	8.2
Al_2O_3	1.0	1.3	0.7	1.0	0.3	—.0	—.0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Fe_2O_3	4.8	6.0	6.8	4.0	6.2	5.5	4.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	Spur	Spur	Spur	0.1	Spur	Spur	Spur	Spur
MnO	5.2	1.3	3.9	4.5	3.9	2.4	5.2	0.2	Spur	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	Spur	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2
CaO	105.7	374.6	249.5	193.3	203.8	169.3	131.5	3.5	11.7	8.0	6.4	6.2	4.2	3.1	6.2	20.8	14.2	11.3	11.1	7.5	5.5
MgO	45.3	157.6	115.8	79.3	80.5	61.3	56.5	1.5	4.9	3.7	2.6	2.5	1.5	1.3	3.7	12.2	9.1	6.5	6.1	3.8	3.3
K_2O	14.8	(35.8)	16.8	11.3	21.5	21.8	23.5	0.5	1.1	0.5	0.4	0.7	0.5	0.5	0.5	1.2	0.6	0.4	0.7	0.6	0.6
Na_2O	29.5	(60.0)	30.5	25.0	44.5	38.8	39.8	1.0	1.9	1.0	0.8	1.4	1.0	0.9	1.6	3.0	1.6	1.3	2.2	1.6	1.5
Summa	257.5	1112.6	787.7	496.1	856.7	596.9	472.8														
ZnO	52.5	40.5	119.3	51.5	40.5	26.3	28.5														
Pt,Cu,Pb, etc.	9.3	7.3	6.0	5.0	9.3	5.0	4.8														
Rest (SO_3,CO_2, etc.)	199.7	511.6	383.1	540.4	303.5	369.8	296.9														
Total	519	1672	1296	993	1210	998	803														

Bestandteile	mg. Substanz, gefunden in dem analysirten Viertel:							mg. Substanz pro L. Ablauf:							m.-Mol. Substanz pro 100 L. Ablauf:						
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**
SiO_2	67.0	559.0	520 0	272.7	470.7	391.6	286.5	1.6	11.8	11.3	6.1	8.9	6.6	4.6	2.6	19.5	18.6	10.2	14.7	10.9	7.6
Al_2O_3	5.8	6 3	3.3	3.5	1.3	4.2	2.2	0.1	0.1	0.1	0.1	Spur	0.1	Spur	0.1	0.1	0.1	0.1	Spur	0.1	Spur
Fe_2O_3	2.5	3.5	3 7	4.0	5.0	3.8	2.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	Spur	Spur	0.1	0.1	0.1	0.1	Spur	Spur
MnO	6.3	18.6	46.6	20.0	31.8	16.2	6.8	0.1	0.4	1.0	0.4	0.6	0.3	0.1	0.2	0.5	1.4	0.6	0.8	0.4	0.1
CaO	101.5	367.3	321.8	206.0	234.3	230.0	174.5	2.3	7.7	7.0	4.6	4.4	3.9	2.8	4.2	13.8	12.4	8.3	7.9	6.9	5.0
MgO	42.8	129.5	113.0	78 0	74.0	89.0	72.3	1.0	2.7	2.5	1.8	1.4	1.5	1.2	2.5	6.7	6.1	4.4	3.5	3.7	2.9
K_2O	21.3	33.8	33.3	20.8	23.8	34.5	22.3	0.5	0.7	0.7	0.5	0.5	0.6	0.4	0.5	0.7	0.7	0.5	0.5	0.6	0.4
Na_2O	36.0	51.8	41.8	41.8	49.0	55.0	42.4	0.8	1.1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7	1.3	1.8	1.5	1.5	1.5	1.5	1.1
Summa	283.2	1169.8	1083 5	646.8	889.9	824.3	609.8														
ZnO	70.0	72.5	123 3	86.0	91.3	56.3	31.8														
Pt, Cu, Pb, etc.	14.0	5.0	24.5	8.0	13.7	12.5	8.0														
Rest (SO_3, CO_2, etc.)	206.8	548.7	301.7	316.2	468.1	445.9	466.4														
Total	574	1796	1533	1057	1463	1339	1116														

Bestandteile	mg. Substanz, gefunden in dem analysirten Viertel:							m.g. Substanz pro L. Ablauf:							m-Mol Substanz pro 100 L. Ablauf:						
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**
SiO_2	45.3	294.4	209 9	130.2	222.3	243 0	187.5	1.7	10.7	8.4	5.3	5.6	5.5	3.9	2.8	17.7	13.9	8.7	9.0	9.0	6.5
Al_2O_3	3.7	3.5	5.0	6.2	6.0	8.5	6.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1
Fe_2O_3	2 0	4.0	2.5	2 0	2 8	3.3	2.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	Spur	Spur	0.1	0.1	Spur	Spur	Spur	Spur
MnO	5 7	4.2	2.2	2.2	4.0	3.5	3.5	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	3.1	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
CaO	66 3	196.0	142.5	96.0	107.5	135.0	118.5	2.5	7.1	5.7	3.9	2.7	3.0	2.5	4.5	12.6	10.2	6.9	4.9	5.4	4.4
MgO	24.8	75 0	58.3	41.3	42.5	55.5	51.8	0 9	2.7	2.3	1.7	1.1	1.2	1.1	2.3	6.7	5.7	4.1	2.7	3.1	2.7
K_2O	11.0	11.7	7 0	8.3	15.7	13.7	17.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4
Na_2O	34.0	37.3	36.0	20.0	42.3	36.7	20 3	1.5	1.3	1.4	0.8	1.1	0.8	0.6	2.4	2.2	2.3	1.3	1.7	1.3	1.0
SO_3	102.7	163 3	136.7	120.7	153.3	198.3	200 0	3.9	5.9	5.5	4.9	3.9	4.5	4.1	4.9	7.4	6.4	6.1	4.9	5.6	5.2
Summa	295.5	789.4	599 8	427.9	596.4	697 5	617 2														
ZnO	55 5	46.2	67.2	31.7	32.5	37 7	33.2														
Pt, Cu, Pb, etc.	5.2	13.7	6 7	10.0	6.2	7 5	5.7														
Rest (CO_2, etc.)	−22.2	125.7	46.3	45 4	172.9	80.3	37.9														
T o t a l	334	975	720	515	280	823	694														

Bestandteile.	m.g. Substanz, gefunden in dem analysirten Viertel:							m.g. Substanz, pro L. Ablauf:							m.-Mol. Substanz, pro 100 L. Ablauf:						
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**
SiO_2	26.1	166.3	84.8	75.0	232.8	96.3	106.6	1.8	11.1	7.8	6.1	11.8	4.4	4.4	2.9	18.4	12.9	10.1	19.6	7.4	7.3
Al_2O_3	1.6	14.4	5.7	4.7	4.7	0.8	4.0	0.1	1.0	0.5	0.4	0.2	—	0.2	0.1	0.9	0.5	0.4	0.2	—	0.2
Fe_2O_3	3.6	2.6	2.3	2.3	3.5	2.8	3.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
MnO	12.6	7.3	6.1	5.8	14.6	7.9	9.8	0.8	0.5	0.6	0.5	0.7	0.4	0.4	1.2	0.7	0.8	0.7	1.0	0.5	0.6
CaO	46.8	139.0	55.8	58.0	111.8	56.8	68.3	3.2	9.3	5.1	4.7	5.7	2.6	2.8	5.6	16.6	9.1	8.4	10.1	4.7	5.0
MgO	25.5	45.3	21.4	18.3	40.6	18.2	20.5	1.7	3.0	2.0	1.5	2.1	0.8	0.8	4.2	7.5	4.9	2.7	3.7	2.1	2.1
K_2O	—	3.5	3.2	5.0	13.3	8.7	10.3	—	0.2	0.3	0.4	0.7	0.4	0.4	—	0.2	0.3	0.4	0.7	0.4	0.4
Na_2O	—	13.6	15.4	14.3	15.0	13.3	18.0	—	0.9	1.4	1.2	0.8	0.6	0.7	—	1.5	2.3	1.9	1.2	1.0	1.2
SO_3	54.3	65.6	32.3	52.7	109.3	59.3	84.3	3.7	4.4	2.9	4.3	5.6	2.7	3.5	4.6	5.5	3.6	5.4	7.0	3.4	4.3
Summa	—	457.6	227.0	236.1	545.6	264.1	324.8														
ZnO	37.6	29.4	41.4	58.7	48.0	34.3	31.2														
Pt,Cu,Pb,etc.	3.2	4.8	5.0	3.5	5.0	3.2	4.0														
Rest(CO_2,etc.)	—	−17.8	35.6	−11.3	−41.6	107.4	59.0														
Total	188	474	300	287	557	409	419														

IX. APRIL—JUNI 1908.

Bestandteile:	mg. Substanz, gefunden in den analysirten Viertel:					m.g Substanz pro L. Ablauf:					m.-Mol Substanz pro 100 L. Ablauf:				
	A	B	D	E	G	A	B	D	E	G	A	B	D	E	G
SiO_2	39.7	247.7	150.3	137.8	90.5	1.5	9.3	5.8	5.9	3.2	2.6	15.5	9.6	9.7	5.3
Al_2O_3	6 7	8.7	4.5	4.5	5.0	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
Fe_2O_3	4.0	5.8	5.0	4.2	5.8	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
MnO	5.8	19 8	5.8	4.6	2.3	0.2	0.7	0.2	0.2	0.1	0.3	1.0	0.3	0.3	0.1
CaO	103.3	238 3	172.5	68.8	61.3	4.0	9.0	6.7	2.9	2.2	7.2	16.0	11.9	5.2	3.9
MgO	25.5	86.0	64.8	23.8	22.2	1.0	3.2	2.5	1.0	0.8	2.5	8.0	6.2	2.5	2.0
K_2O	18.5	25.5	26.0	20.5	9 0	0.7	1.0	1.0	0.9	0.3	0.8	1.0	1.1	0.9	0.3
Na_2O	29.5	34.5	39 0	22.5	18.0	1.1	1.3	1.5	1.0	0.6	1.9	2.1	2.4	1.5	1.0
SO_3	100.0	111 0	125.0	104.5	115.5	3.9	4.2	4.8	4.4	4.1	4.9	5.3	6.0	5.5	5.1
Summa	333.0	777.3	592.9	391.2	329.6										
ZnO	79.0	78.2	53.2	23.2	3.0										
Pt,Cu,Pb, etc.	9.7	10.0	5.2	3.5	5.2										
Rest (CO_2 etc.)	−9.7	124.5	132.7	71.1	118.2										
Total	412	990	782	489	456										

Bestandteile:	mg. Substanz, gefunden in den analysirten Viertel:					m.g. Substanz pro L. Ablauf:					m.-Mol Substanz pro 100 L. Ablauf:				
	A	**B**	**D**	**E**	**G**	**A**	**B**	**D**	**E**	**G**	**A**	**B**	**D**	**E**	**G**
SiO_2	61.5	281.5	235.5	216.7	137.5	1.4	8.8	5.4	6.1	3.1	2.4	14.5	9.0	10.2	5.2
Al_2O_3	12.6	10.3	—	—	—	0.3	0.2	—	—	—	0.3	0.2	—	—	—
Fe_2O_3	5.7	7.5	6.5	5.8	6.0	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
MnO	16.1	40.6	22.8	14 0	33.2	0.4	0.9	0.5	0.4	0.8	0.5	1.3	0.7	0.6	1.0
CaO	93.3	343.8	257.5	152.0	125.0	2.2	7.9	6.0	4.3	2.8	3.9	14.1	10.6	7.7	5.1
MgO	16.9	97.0	98.0	44.5	41.5	0.4	2.2	2.3	1.3	0.9	1.0	5.5	5.6	3.1	2.3
K_2O	39.5	27.5	31.0	16.0	31.0	0.9	0.6	0.7	0.5	0.7	1.0	0.7	0.8	0.5	0.7
Na_2O	65.5	56 5	35.0	40.0	28.9	1.5	1.3	0.8	1.1	0.6	2.5	2.1	1.3	1.8	1.0
SO_3	170.0	325.0	274.5	202 0	234.0	4.0	7.5	6.3	5.7	5.3	4.9	9.3	8.0	7.2	6.6
Summa	481.1	1289.7	962.3	708.5	638.9										
ZnO	222.7	108.7	70.7	46.5	64.5										
Pt,Cu,Pb, etc.	15.0	21.5	10.7	8.7	5.9										
Rest(CO_2, etc).	−74.8	146.1	141.3	119.3	79.6										
Total	644	1466	1195	883	788										

Jede Tabelle besteht aus drei Teilen, von welchen der erste kaum einen weiteren Zweck erfüllt, als zum zweiten und dritten zu führen. Betrachten wir darum gleich den mittleren Teil, angebend die Bestandteile in mg pro L. ($^{m}/_{L}$).

Wirft man zuerst einen Blick auf den Verlauf der Zahlen in den 7 Tabellen nach einander, so fällt es auf, — abgesehen von hie und da verhältnismässig leider sehr grossen Schwankungen, welche, nach den Doppelbestimmungen zu urteilen, jedoch nur in geringem Masse der Analyse zuzuschreiben sind, — dass im grossen ganzen die extrahirten Mengen mit der Zeit abnehmen, und zwar bei allen Bestandteilen. Das liess sich erwarten: im Anfang waren natürlich mehr kleine Splitter und scharfe Kanten in und an dem feingeklopften Gesteinsmaterial vorhanden; allmählich wird die Angriffsfläche des Gesteins jedoch weniger zugänglich, dadurch, dass sich Verwitterungsprodukte dort absetzen, wo erst Gesteinsoberfläche war. Und es versteht sich von selbst, dass eine Lösung, in Berührung mit Verwitterungsprodukten, eine kleinere Konzentration an den verschiedenen Bestandteilen aufweisen muss, als die Lösung, mit dem ursprünglichen Gestein in Berührung; denn wenn dies nicht der Fall wäre, wie könnten sich dann aus, oder in letzterer Lösung die Verwitterungsprodukte absetzen? — und würden sie sich in dem Falle nicht oben drein schneller lösen als das ursprüngliche Gestein selber? — und infolgedessen, wenn schon vorhanden, eher verschwinden als das Gestein? — Das wäre jedoch genau das Gegenteil der Tatsachen.

Vergleicht man ferner in jeder Tabelle die Zahlen der wagerechten Reihen, stellt man also die Resultate der verschiedenen Behälter einander gegenüber, so ist im Allgemeinen $B > C > D$, und $E > F > G$; auch diess lies sich auf Grund der verschiedenen Korngrössen erwarten. Weit wichtiger ist jedoch der Vergleich von B mit E, und ähnlich von C mit F, und D mit G; kurz gesagt — der Vergleich der Verwitterung in Luft, mit der Verwitterung unter Wasser. Dabei zeigt sich, ebenfalls in grossen Zügen, dass indertat aus dem unter Wasser stehenden Gesteinsmaterial mehr gelöst und fortgewaschen wird als aus dem entsprechenden Material, wenn nur der fallende Regen durchsickert, und sonst das Gestein trocken steht; der Unterschied ist jedoch gering, wenn man das Verhältnis der für den Einwirkungs- und Lösungsproces

gegebenen Zeitdauer im einen und andern Fall berücksichtigt. Bei den Alkaliën z.B. wird kaum ein Unterschied wahrgenommen, ob das Regenwasser in einer halben Stunde durchsickert, oder ob es ein Paar Tage Zeit hat einzuwirken, und dann erst abläuft. Kurzum — aus diesem Vergleich lässt sich derselbe Schluss ziehen, wie schon aus den summarischen Zahlen (auf Seite 8) geschehen ist: das Gleichgewicht wird verhältnismässig schnell erreicht, und die Mengen ausgewaschener Substanz sind mehr von der totalen, durchströmenden Wassermenge abhängig, als von der Zeitdauer der Einwirkung.

Dennoch lässt sich für ein Paar Bestandteile ein bemerkenswerter Unterschied konstatieren; näml. Kalk und Magnesia. Ob hier aber die längere Einwirkungsdauer bei der „Verwitterung unter Wasser" Grund dieser Erscheinung ist? — Ich glaube nicht; sondern meine, den Unterscheid eher dem grösseren Kohlensäuregehalt des Wassers aus den Behältern *B* – *D* zuschreiben zu müssen. Allerdings ist, wie zu Anfang gesagt, die Kohlensäure nicht regelmässig bestimmt; allein wurde beim Lösen in HCl notirt: viel CO_2 — CO_2 — wenig CO_2 oder keine CO_2; und nun kommt die Notiz „viel CO_2" niemals vor bei *E*, *F* oder *G*, dagegen oft bei *B*, auch noch bei *C*, und sogar bei *D*. Auf Grund der über 400 Tagesnotizen glaube ich denn auch ruhig behaupten zu dürfen, dass der Ablauf des unter Wasser stehenden Gesteins mehr Bicarbonate enthält, als derjenige von dem jedesmal abtrocknenden Gestein. Der grössere CO_2-Gehalt ist dann der Grund des grösseren Lösungsvermögens speciell für Kalk und Magnesia.

Die Frage, woher dieser grössere CO_2-Gehalt denn stammt, lässt sich beantworten mit der Mitteilung, dass sich im Laufe der Zeit in den fortwährend mit Wasser gefüllten Behältern unvermeidlich Algen zwischen den Gesteinsfragmenten entwickelten. Diese Algen binden in den lichten Morgenstunden die im Wasser gelöst vorkommende Kohlensäure; in der Mittagszeit bei schwer bedeckter Luft, und nachts, übertrifft die Ausscheidung von CO_2 dann wieder die Assimilation, aber — zu diesen Zeiten fallen die grossen Regen, und bei meinem Experiment wird das untere mit mehr CO_2 gesättigte Wasser sofort in und durch das Gesteinsmaterial geführt und kann mehr Kalk und Magnesia lösen, als ohne die Algen. Immerhin muss man, um das Mehr genügend zu erklären, annehmen, dass die Assimilation der Algen, eine

derartige Verringerung der im Wasser gelösten CO_2-Menge zur Folge hat, dass dieses Wasser im Anschluss daran Kohlensäure aus der Luft absorbirt. Dagegen werden wohl keine Beschwerden eingebracht werden, sobald man nur bedenkt, wieviel Kohlensäure eine sehr verdünnte Lauge aus der Luft anziehen kann, ebenfalls weil ihre eigene CO_2-Tension nahezu gleich Null ist, also geringer als die Tension der CO_2 in der Luft.

Die, für die anfangs dieser Arbeit gestellte Frage, wichtigsten Betrachtungen entspriessen endlich dem Vergleich der herausgelösten Bestandteile in den senkrechten Reihen der Tabellen; denn sie beantworten — allerdings nur für den allerersten Anfang der Verwitterung — die Frage: In welchem relativen Mengenverhältnis kommen die verschiedenen Bestandteile des Gesteins in dem auslaugenden Wasser vor, und in welchem Verhältnis ursprünglich im Gestein? — Nach welcher Richtung hin wird demzufolge die Verwitterungsmasse verarmen oder sich anreichern?

Zum guten Vergleich ist da die Analyse des Ausgangsmaterials nötig. Diese ergab die folgenden Zahlen:

SiO_2	49.90	%
TiO_2	1.25	„
Al_2O_3	18.59	„
Fe_2O_3	4.40	„
FeO	5.33	„
MnO	0.33	„
MgO	4.32	„
CaO	9.40	„
K_2O	1.00	„
Na_2O	4.10	„
S (als SO_3 bestimmt)	0.22	„
P_2O_5	0.15	„
CO_2	—	„
H_2O (— 100°)	0.65	„
H_2O (über 100°)	0.53	„
	100.17	„

Ziehen wir nun zum bessern Verständnis die petrografische

Analyse heran. Das Gestein erwies sich, ein so gut wie olivinfreier Basalt zu sein; noch den Umrissen waren ursprünglich, sehr vereinzelt, kleine Olivine vorhanden gewesen, aber sie waren nunmehr ersetzt durch Spuren Eisenoxydhydrat. So blieb denn ein sehr einfacher Mineralbestand übrig: viel Plagioklas, dann Augit, endlich Eisenerz (Illmenit, Magnetit, Pyrit); alle Mineralien sowohl porphyrisch, wie in der Grundmassa. Apatit wurde nicht beobachtet, was mit dem geringen P_2O_5-Gehalt stimmt. Der Feldspath verhielt sich optisch wie Labradorit.

Zur Verteilung der verschiedenen Bestandteile auf die als vorhanden anzunehmenden Mineralien wurde

S als Pyrit berechnet,
P_2O_5 „ Apatit,
TiO_2 „ Illmenit,
MnO „ Metasilicat und ebenso
MgO „ Metasilicat.

Würde man nun die Alkalien als vollständig in Feldspathform vorhanden annehmen, so würde die übrig bleibende Kieselsäure lange nicht reichen für den Rest. Ich betrachte daher den Augit als natronhaltig, als einen Uebergang zum Aegirinaugit; dies würde stimmen mit dem hohen Index, dem Pleochroïsmus und der Doppelbrechung. Fe_2O_3 ist frei kaum vorhanden; ich berechne es also als Magnetit, und komme dann weiter zu folgender, höchstens wahrscheinlichen, Zusammenstellung:

1.07 Mol.	Kalifeldspath	67.2% Plagioklas
5.44 „	Natronfeldspath	
11.68 „	Kalkfeldspath	
10.70 „	MgO. SiO_2	22.6% Augit
4.71 „	CaO. SiO_2	
3.28 „	FeO. SiO_2	
0.47 „	MnO. SiO_2	
1.18 „	Na_2O. SiO_2	
2.58 „	Magnetit	10.2% Erz, u.s.w.
1.56 „	Illmenit	
0.34 „	Pyrit	
0.17 „	Apatit	
— —	Rest	

Wenn wir nun die Molekularverhältnisse des Gesteins und der Abläufe in eine Tabelle neben einander setzen, dann können Eisen und Tonerde gleich fortfallen, weil sie im Ablauf ja nur spurenweise —, ebenso Titansäure und Phosphorsäure, weil sie überhaupt nicht darin vorkommen. Ferner beschränke ich mich auf die Abläufe *B* und *E* also auf das feinste Material, und rechne alle Zahlen um auf 10 Mol. MgO, damit Vergleiche möglich seien. Die Zahlen für *B* und *E* sind aus dem dritten Teil der sieben Tabellen IV—X gezogen. So erhielt ich folgende Uebersicht:

Bestandteile.	Gestein.		Ablauf *B*.	Ablauf *E*.
	% × 100 / M.	Vorige Spalte, umgerechnet auf 10 Mol. MgO	Mittel und Grenzen für die Anzahl Moleküle auf 10 Mol. MgO.	
SiO_2	82.76 Mol.	**77.3** Mol.	$19^1/_2$—**24**—29	23—**38**$^1/_2$—53
CaO	16.76 „	**15.7** „	$12^1/_2$—**19**$^1/_2$—$25^1/_2$	12—**20**$^1/_2$—27
MgO	10.70 „	**—10—** „	**—10—**	**—10—**
K_2O	1.07 „	**1.0** „	$^1/_2$— **1**— $1^1/_2$	1— **1**$^1/_2$— 2
Na_2O	6.62 „	**6.2** „	2 — **3**— $5^1/_2$	3— **5** — $6^1/_2$

Im Vergleich zu der Magnesia, wird der Kalk etwas schneller fortgelöst, das Kali ungefähr ebenso schnell und das Natron merkwürdiger weise etwas weniger schnell.

Die Kieselsäure-Zahlen werden dagegen sehr merkwürdig, wenn man die 77.3 Mol. SiO_2 auf die verschiedenen Mineralien verteilt, nach der Zusammenstellung auf der vorigen Seite. Man findet dann:

36.5 Mol. SiO_2 auf den Alkali-Feldspath
21.8 „ „ „ „ Kalk-Feldspath
19.0 „ „ „ „ Augit.

Nun wurde vor kurzem [1]) die Behauptung aufgestellt, dass bei der Lateritisation (i.c. zu vergleichen mit der Verwitterung *E* oben) nicht allein die Kieselsäure des Augits ausgewaschen werde, sondern auch die des Anorthit-Moleküls, so dass daraus kein Ton entstehe. Für den hier vorliegenden Fall würde diese Behauptung fordern, dass 19.0+21.8=40.8 Mol. SiO_2 im Ablauf

1) Bull. Dépt. Agr. Ind. Néerl. No. XXVIII (1909) S. 12.

E vor kämen. Wie man sieht, stimmt das, so weit man hier Uebereinstimmung erwarten kann, nicht slecht.

E representirt gewissermassen die oberwässerige Verwitterung; *B* dagegen die unterwässerige. Bei *B* darf also keine Lateritbildung eintreten, und weil bei keiner Verwitterungsweise solche basische Reste übrig bleiben, wie bei der Lateritisation, lässt sich erwarten, dass der Rückstand von *B* mehr, der Ablauf *B* also verhältnismässig weniger SiO_2 enthält als der Ablauf *E*. Die gefundene Zahl, etwa 24, liegt leidlich nahe an 19.0, d.h. sie ist nur eben höher als die dem Augit entsprechende Kieselsäure Ich wage also weiter die Hypothese aufzustellen, dass

1°) *bei der oberwässerigen Verwitterung meines Versuchs alle Kieselsäure, dem zersetzten Augit und Kalkfeldspath entsprechend, mit den löslichen Basen mit ausgewaschen wird; dass dagegen die dem Alkalifeldspath entsprechende Kieselsäure als Kaolin (einstweilen) zurückbleibt;* und dass

2°) *bei der unterwässerigen Verwitterung dagegen nur die Kieselsäure, dem Augit entsprechend ausgewaschen wird, die Kieselsäure des Kalkfeldspaths aber zurückbleibt;* in welcher Form ist allerdings noch unentschieden.

Mir kommt am wahrscheinlichsten vor, dass diese Kieselsäure als solche, als Opal, aus der mehr CO_2-haltigen Lösung niederschlägt, oder doch zurückbleibt, nicht jedoch als Ton. Opal habe ich näml. u.d. Mikr. öfters in Produkten der unterwässerigen Verwitterung angetroffen; warum sollte man nun annehmen dass die Kieselsäure des Opals von aussen her eingewandert sei, und dann erst abgeschieden? Geklärt ist die Frage immerhin noch nicht; ich gedenke jedoch in weiteren Arbeiten darauf zurück zu kommen.

BUITENZORG, October 1909.